

## 推進管の継手曲げ実大実験による推進力伝達材が推進管に与える影響の検討

長岡技術科学大学 学 瀧瀬真輝, 桜井俊裕 正 杉本光隆  
藤村ヒューム管株式会社 中村勝則

### 1. はじめに

推進工法では、全ての推進管が掘進機とともに前進するため、掘進メカニズムを解明するためには、掘進機と全ての推進管からなる管路の全体系を考慮することが必要となる。そこで、管路の全体系を対象として、地盤と推進管の相互作用を考慮に入れた推進メカニズムを理論的に表現できる管路解析モデルを開発してきた<sup>1)2)3)4)</sup>。しかし、この管路解析モデルのうち、新たに開発した曲げ剛性を有する推進管継手モデルは、実測データを用いて検証されていない。そこで、本研究では、推進管の継手曲げ実大実験により、直線・曲線推進時に推進力伝達材が推進管に与える影響を解明することを目的とする。

本実験では、実大の推進管 2 本を推進力伝達材を介して接合し、ジャッキで軸方向荷重を行うことにより、曲線部・直線部において、推進力が推進力伝達材を介して伝達されるとき、推進管に発生するひずみ・応力・断面力、推進管の変形、隣接する推進管の相対的な変位を把握した。本報告では、これらの内、推進管に発生する軸方向ひずみについて述べる。

### 2. 実験概要

#### (1)実験設備

長手方向 13m 短手方向 4m 深さ 2m のピットの中に、反力 BOX2 個、推進管架台を設置した後、その架台の上に推進力伝達材を介して推進管 2 本、その側方にコンクリート製の側方反力体 4 個を設置し、それらを、推進管軸方向は上下 2 本のジャッキ(最大載荷荷重 1.5MN / 本)で、推進管横断方向は左右 4 本ずつ合計 8 本のジャッキ(最大載荷荷重 200kN / 本)で支持した。その後、左右 4 本ずつ合計 8 本の PC 鋼棒で、反力 BOX 間隔を固定した。推進力伝達材は、発泡倍率 2 倍の発泡スチロール製で、推進管の接合部には厚さ 10mm の推進力伝達材を 4 枚重ねて、推進管の両端部には厚さ 10mm の推進力伝達材 1 枚を、それぞれ上下 90° ずつの範囲に設置した。

#### (2)計測項目

計測項目を表-1 に示す。推進管に発生するひずみ・応

力・断面力を把握するため、推進管に発生するひずみを計測した。推進力伝達材が継手部の上下 90° ずつの範囲にのみ設置されていること、曲線部では曲線内側の推進力伝達材に応力集中が発生すると考えられることから、接合部近傍、曲線内側を重点的に計測した。

#### (3)実験ケース

実験ケースを表-2 に示す。推進力が推進管に対する影響を曲線部と直線部で比較するため、推進管が曲線部と直線部にある状態を想定して、実験ケースを設定した。曲線の曲げ角度は、本実験で使用した推進管の開口差から定まる最大曲げ角度(曲線半径 38.6m に相当)とした。

#### (4)実験方法

本載荷での載荷ステップを表-3 に示す。Case 1 (曲線)では、推進力伝達材の特性から規定される推進管の許容推進力をもとに 1000kN まで、Case 2 (直線)では、推進管の許容推進力の 90%にあたる 2700kN まで、載荷することとし、載荷・除荷を 2 度繰り返して、載荷ステップごとに表-1 に示す計測を行った。

### 3. 実験結果と考察

#### (1)推進管の軸方向ひずみ

Case 1 (曲線), Case 2 (直線)における、載荷荷重 1000kN

表-1 計測項目

計測項目		計測方法	点数
A	荷重	軸方向	荷重計 2
B		側方	荷重計 8
C	推進管	角度	トランシット —
D		継手間隔	変位計 4
E		ひずみ	ひずみゲージ 352
F		たわみ	レーザ変位計 12
G	側方反力体	変位	変位計 16
H	PC 鋼棒	ひずみ	ひずみゲージ 16
合計			410

表-2 実験ケース

Case	線形	曲げ角度
1	曲線	3.61°
2	直線	0.00°

表-3 載荷ステップ(kN)

Case	線形	最大荷重	載荷間隔	除荷間隔
1	曲線	1000	50	-250
2	直線	2700	100	-200, 以後-500

キーワード 推進工法, 推進力伝達材, 管路解析モデル, 実大実験

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 TEL0258-47-9618

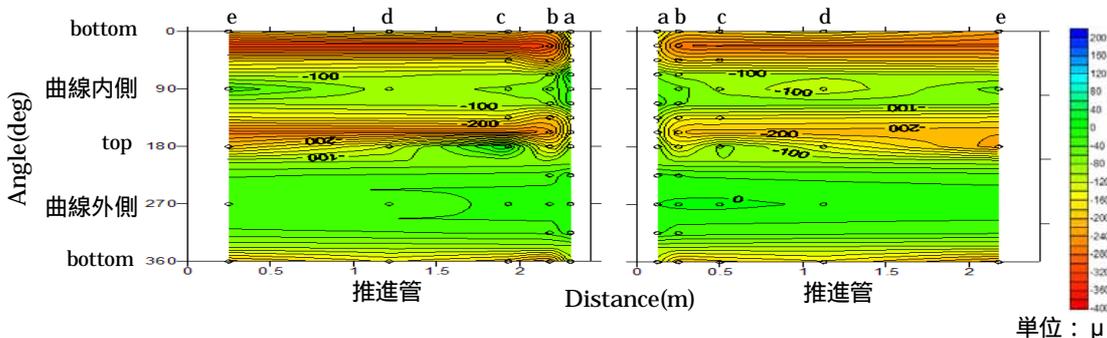


図-1 軸方向管内面ひずみ分布 (Case1 曲線, 1000kN)

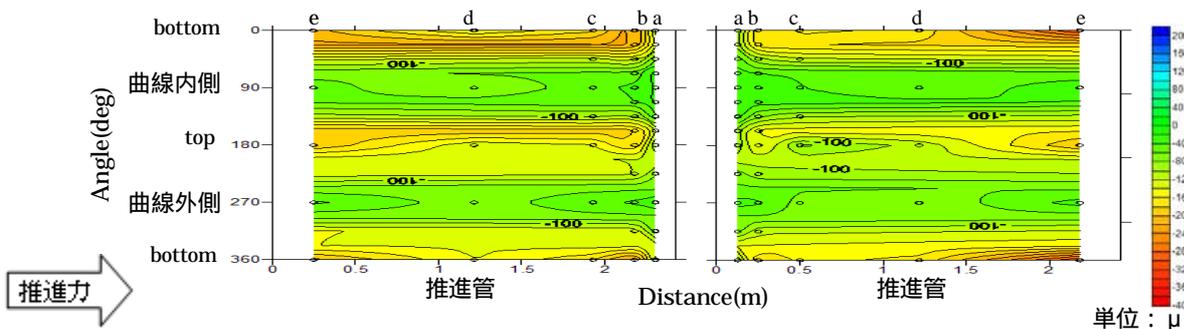


図-2 軸方向管内面ひずみ分布 (Case2 直線, 1000kN)

での推進管内面の軸方向ひずみ分布( - : 圧縮)を図-1, 図-2 に示す. 推進力伝達材は, 推進管両端部の 0-45, 135-225, 315-360 度の範囲に設置されている.

Case 1(曲線)の図から軸方向ひずみについて, 以下のことがわかる.

- 1) 接合部近傍の a 断面では, 軸方向ひずみが, 曲線内側の推進力伝達材が設置されている範囲( 165-180, 0-45 度)で大きく, 157.5, 22.5 度で上下それぞれの最大値を取り, 曲線外側の推進力伝達材が設置されていない位置(270 度)で最小値を取る.
- 2) 接合部から離れるにしたがい, 曲線内側の軸方向ひずみの集中は, 推進力伝達材の設置範囲から推進力伝達材の未設置範囲へ分散していくが, 曲線外側では軸方向ひずみはほとんど発生しない. これは, 推進管の接合部で曲線内側へ偏心した推進力の作用により, 推進管が曲線内側への曲げモーメントを受けるためである.
- 3) 接合部と反対側の推進管端部の e 断面では再び, 推進力伝達材の設置範囲で軸方向ひずみが大きくなる.
- 4) 接合部近傍の a 断面より b 断面の方が, 軸方向ひずみが大きくなっている. これは a 断面が埋込カラーの内側にあるため, 鋼製の埋込カラーがコンクリートの軸方向ひずみを抑制しているためと考えられる.

一方, Case2 (直線) の図から, 以下のことがわかる.

- 1) 推進力伝達材設置範囲で軸方向ひずみが大きくなる.
- 2) 軸方向ひずみは, ほぼ左右対称となる.

4. 結論

推進管の継手曲げ実大実験を実施し, 同実験から得られた結論を列記する.

- 1) 曲線部の推進管に発生する軸方向ひずみは, 接合部近傍では, 曲線内側の推進力伝達材設置範囲で大きい. また, 軸方向ひずみは, 接合部から離れるにしたがって, 推進力伝達材の設置範囲から未設置範囲へ分散していくが, 曲線外側ではほとんど発生しない.
- 2) 鋼製の埋込カラーの内側にあるコンクリートでは, 埋込カラーの剛性のために, 軸方向ひずみは抑制される.

今後は, 本実験で得られた計測結果をさらに検討するとともに, 本実験結果を用いて, 著者らが開発してきた管路解析モデルの中の推進管継手モデルを検証したい.

**謝辞:** 本研究は, 科学研究費補助金基盤研究(B)(一般)「長距離・急曲線推進のための管路全体系を対象とした推進メカニズムの理論的解明」の一部として行ったものである. また, 使用した推進力伝達材は積水化成工業(株)(製造元), 菱三商事(株)(販売元) から提供していただいた. ここに謝意を表す.

**参考文献**

- 1) 藤井良大, 杉本光隆, Aphichat Sramoon: 推進工法の推力算定に関する研究, 第59回土木学会年次学術講演会講演概要集, - 382, 2004.
- 2) Auttakit Asanprakit, 潘少雄, 杉本光隆, 望月崇: 実測データによる推進工法の推力算定モデルの検証, 第63回土木学会年次学術講演会講演概要集, - 298, 2008.
- 3) 品田悟, Auttakit Asanprakit, 伊藤隼人, 杉本光隆: 管路解析モデルによる余掘りが推進力・推進管作用土圧に与える影響評価, 第64回土木学会年次学術講演会講演概要集, - 426, 2009.
- 4) Mitsutaka Sugimoto & Auttakit Asanprakit, Stack pipe model for pipe jacking method, *J. of Construction engineering and management*, ASCE, Vol. 136, No. 6, 683-692. 2010.